



ВЛИЯНИЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ ЕЕ КАЧЕСТВА

В статье приведены результаты исследований качества воды, транспортируемой по гравитационным водоводам большой протяженности и поступающей на водопроводные очистные сооружения. Показано, что по ряду показателей качество воды претерпевает трансформацию. Рассмотрены вероятные причины, влияющие на изменение качественного состава воды.

Водовод, транспортировка воды, водопроводные очистные сооружения, показатели качества воды.

В практике водоподготовки в силу объективных причин нередко используются источники водоснабжения, расположенные за десятки, а иногда и сотни километров от площадки водопроводных очистных сооружений (ВОС). В этих условиях значение транспортирующих воду сооружений (водоводов, каналов) значительно возрастает. Такие сооружения должны обеспечивать не только требуемое количество транспортируемой воды, но и сохранять качество воды в процессе транспортирования, иметь минимально возможные потери воды, быть надежными и экономичными [1].

Природная вода, не являясь инертной средой, при ее транспортировке в водоводах в течение длительного промежутка времени способна изменять физико-химические и бактериологические свойства. Интенсивность изменения показателей качества воды зависит от таких факторов, как температура, рН и солевой состав, гидравлический режим течения, материал труб водоводов и внутренних покрытий.

Проведение мониторинга трансформации качества транспортируемой воды и анализ полученных данных – актуальная задача, решение которой позволит более точно определять интервалы варьирования лимитируемых природных и антропогенных примесей и корректировать параметры работы сооружений как в процессе эксплуатации ВОС, так и при обосновании их реконструкции и модернизации [2, 3].

Поверхностным источником централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения населенного пункта, расположенного в западном регионе, являлось водохранилище полезным объемом 15 млн. м³ и средней глубиной 6,5 м. Вода из высокорасположенного природного водоисточника от водозаборного сооружения берегового типа поступала на площадку водопроводных очистных сооружений посредством трех гравитационных водоводов диаметром 1400 мм. Протяженность трассы составляла примерно 20 км. На гравитационных водоводах в пониженных местах были устроены выпуски для опорожнения, в повышенных местах – автоматические вантузы. Участки гравитационного водовода, проложенные на глубине

более 4 метров от верха трубы, были выполнены из железобетонных труб на бетонном основании, а участки, проложенные в насыпных грунтах, – из стальных труб с усиленной изоляцией. Для отключения участков водоводов на ремонт и осмотр были устроены два узла переключения с установкой секущих и секционных задвижек. Учет расхода воды, поступающей по всем водоводам, осуществлялся приборами, установленными в камерах переключения.

Водопроводные очистные сооружения включали две технологические линии и реализовывали двухступенчатую реагентную технологию: горизонтальные отстойники-фильтры.

Величина расхода воды, поступающей на ВОС, определялась суммой расходов воды, поступающей по всем гравитационным водоводам. Подача воды на первую и вторую технологические линии происходила неравномерно: два водовода (№ 1 и № 2) подавали воду на первую линию и один водовод (№ 3) – на вторую линию. Регулирование объема поступающей на ВОС воды производилось дросселированием с помощью запорно-регулирующей арматуры, установленной на водоводах.

Фактическая производительность ВОС составляла примерно 61,2–64,5% от проектной. Причем в течение года наблюдалась крайняя неравномерность подачи воды как на технологические линии, так и на ВОС в целом (рис. 1).

Анализ скоростей движения воды в гравитационных водоводах за четырехлетний период показал, что максимальная скорость не превышала 0,92 м/с, а минимальное ее значение составляло 0,1 м/с (табл.). Разброс по скоростям движения воды по водоводам наблюдался как в течение месяца, так и по годам. Кроме того, скорости движения воды существенно различались по водоводам (№ 1 и № 2) на входе в сооружения 1 линии и водоводу № 3 на входе в сооружения 2 линии. При этом средняя скорость воды в них составляла примерно 0,4 м/с, а время нахождения в водоводах – 12 часов.

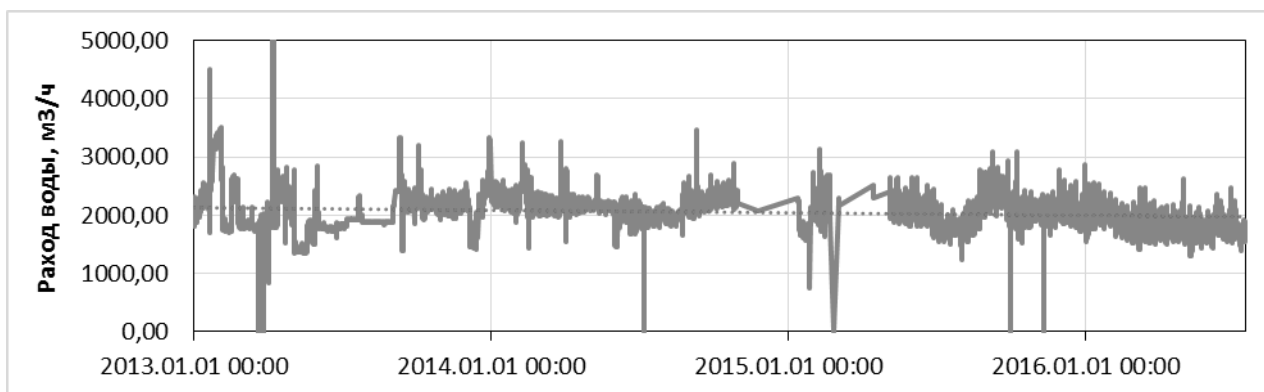


Рис. 1. Динамика изменения расхода воды, поступающей на вторую технологическую линию ВОС

Таблица

Качество природной воды

Показатель	Значение показателей по годам наблюдений			
	2013	2014	2015	2016
Цветность, град	22–91	18–68	15–26	16–24
Мутность, мг/дм ³	0,51–8,88	0,45–9,14	0,64–8,15	0,45–8,93
Перманганатная окисляемость, мгО/дм ³	3,68–7,09	4,96–8,4	4,52–9,2	4,98–7,68
Биомасса фитопланктона, мг/дм ³	0,1–17,9	0,05–15,48	0,13–22,58	0,07–23,48
Численность фитопланктона, тыс. кл/дм ³	0,1–264,55	0,08–114,37	0,16–347,17	0,16–353,89
Аммоний, мг/дм ³	0,004–0,19	0,02–0,075	0,09–0,479	0,1–0,384
Нитраты, мг/дм ³	0,14–15,6	0,15–3,99	0,18–2,75	0,243–5,0
БПК ₅ , мг/дм ³	0,79–4,81	0,87–3,55	1–4,8	0,31–5,9
Колифаги, БОЕ/100 см ³	4	3–12	2–6	н/о
ОКБ, КОЕ/100 см ³	2–930	1–930	1–160	-
ОМЧ, КОЕ/см ³	4–4000	2–1700	6–1485	1–520
pH, ед. pH	7,15–7,9	7,9–8,7	7,8–8,7	7,9–8,8

Примечание: приведены минимальные и максимальные значения.

Гидравлический режим работы водоводов в таких условиях с учетом рельефа местности (перепады высот по длине водоводов составляли до 25 м) может оказывать существенное влияние на трансформацию качества воды, поступающей на водопроводные очистные сооружения ВОС, что требовало детального изучения.

Колебания показателей качества воды в водохранилище по данным химико-технологической лаборатории в четырехлетний период наблюдений характеризовались следующими значениями: температура 3–26 оС; pH 7,15–8,8; мутность 0,45–9,14 мг/дм³; цветность 15–91 град; перманганатная окисляемость 3,68–9,2 мгО/дм³. Бактериальная загрязненность водотока оценивалась показателями ОКБ и ОМЧ, которые изменялись в пределах от 1 до 930 КОЕ/100 см³ и от 1 до 4000 КОЕ/см³ соответственно. Колифаги обнаруживались в количестве до 12 БОЕ/100 см³. Для водохранилища характерно сезонное развитие различных видов водорослей, численность которых варьировала в широких пределах от 78 до 353891 кл/см³, а биомасса составляла от 0,05 до 23,48 мг/дм³. Интенсивность запаха преимущественно землистого,

болотного, рыбного и ароматического в отдельные периоды достигала 3 баллов (табл.).

Было установлено, что в отдельные периоды года по таким показателям, как численность и биомасса фитопланктона, перманганатная окисляемость и общее микробное число, наблюдалось существенное различие концентраций загрязнений в воде на входе перед водоводами и после них на входе в сооружения 1 и 2 технологической линии.

На рис. 2, 3 представлены диаграммы, которые показывают изменение в течение года разности значений со знаком «+» и «-» между показателем качества воды в водохранилище и в воде после ее транспортировки по гравитационным водоводам на входе в ВОС соответственно для 1 и 2 технологических линий. При отборе проб воды учитывалось время ее пребывания в водоводах.

Анализ обработки данных показал, что при транспортировке воды происходило как улучшение качества воды (значения со знаком «+»), т.е. снижение концентрации загрязняющих веществ, так и его ухудшение. Все значения со знаком «-» свидетельствуют о том, что водоводы являются источником вторичного загрязнения.

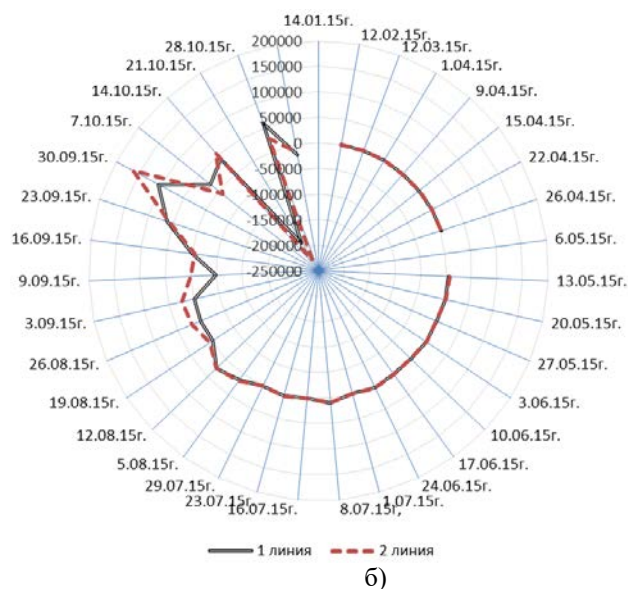
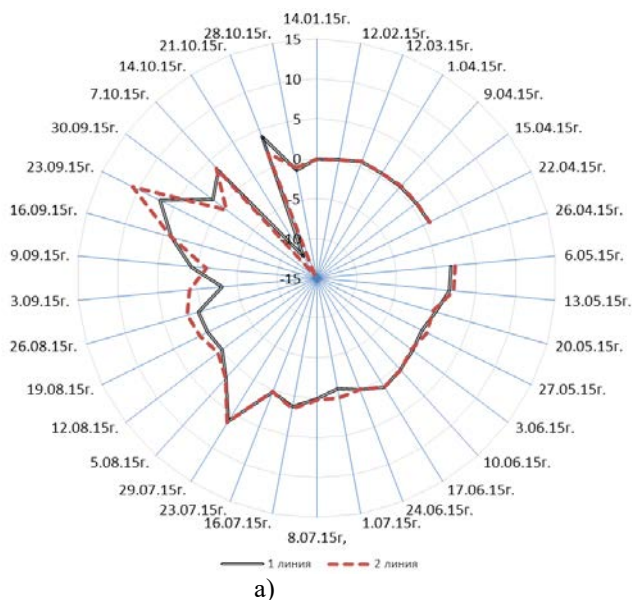


Рис. 2. Разность значений численности фитопланктона (а) и биомассы (б) в воде водохранилища и на входе перед ВОС

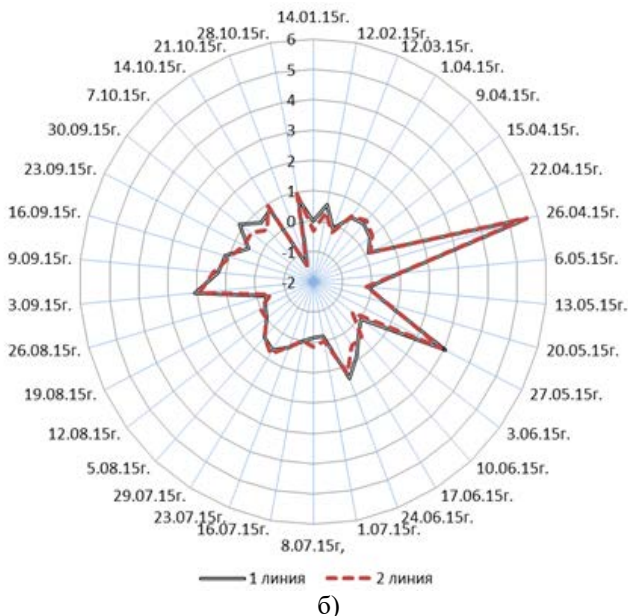
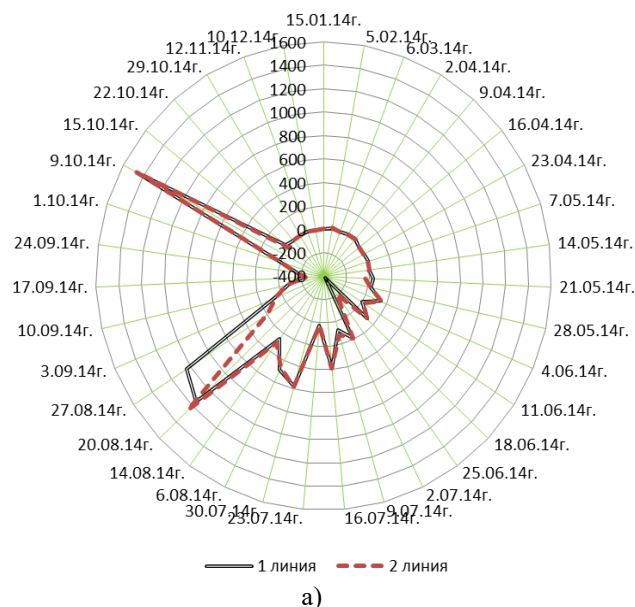


Рис. 3. Разность значений перманганатной окисляемости (а) и ОМЧ (б) в воде водохранилища и на входе перед ВОС

Выполненный анализ данных по частоте повторяемости значений численности и биомассы фитопланктона со знаком «←» показал, что она составляла 21–47% и 17–43% соответственно, при этом не прослеживалось какой-либо закономерности по годам в течение периода наблюдений. Было установлено, что в отдельные годы, например в 2015 г., разность между значениями численности фитопланктона в воде на входе в водоводы и в воде после транспортировки по водоводам составляла 226625 кл/см³ (рис.2а), а по биомассе – 14,56 мг/дм³ (рис. 2б). Что касается частоты повторяемости значений со знаком «→» по показателям перманганатной окисляемости и ОМЧ, то она варьировала в пределах 6–17% и 5–31% соответственно. Максимальные значения разности со знаком «←» составляли для перманганатной окисляемости – 1,43 мгО/дм³ (2015 г.), ОМЧ – 380 КОЕ/см³ (2014 г.).

На всех диаграммах отчетливо наблюдаются «всплески» резкого ухудшения качества транспортируемой воды по: численности фитопланктона – сентябрь (2013 г.), август и октябрь (2014 г.), сентябрь-октябрь (2015 г.) и сентябрь-октябрь (2016 г.), когда в природной воде наблюдается массовое развитие водорослей, преимущественно сине-зеленых и частично диатомовых; биомассе – май, июль, сентябрь-октябрь (2013 г.), апрель, июль, сентябрь-октябрь (2014 г., 2016 г.), июль, сентябрь-октябрь (2015 г.), что связано с увеличением биомассы фитопланктона в водохранилище; перманганатной окисляемости – июнь, июль (2014 г.), апрель, октябрь (2015 г.), май, декабрь (2016 г.); ОМЧ – в летний период, когда повышается температура воды.

Изменение режима работы водоводов, снижение подачи воды по сравнению с проектной и, как следствие, уменьшение скоростей потока, привели на от-

дельных участках к застою или турбулизации транспортируемой воды, активизации в водоводах биологических процессов, периодическому накоплению, последующему смыву отложений с загрязнениями и поступлению на водопроводные очистные сооружения воды с измененными качественными характеристиками, отличными от тех, на которые была запроектирована технология и сооружения очистки природной воды.

Таким образом, изучение качества природной воды, поступающей на ВОС и подлежащей очистке и обеззараживанию, показало, что происходит его трансформация при транспортировке по гравитационным водоводам. При этом наблюдается как улучшение качества воды, так и его ухудшение по таким показателям, как численность и биомасса фитопланктона, перманганатная окисляемость и общее микробное число. Установление причин такой трансформации качества воды по тракту ее движения от поверхностного водоисточника до площадки ВОС требует даль-

нейших исследований и детального анализа с учетом сложного профиля, режима работы водоводов (инерционность), снижения водопотребления, условий эксплуатации, статистических данных аварийно-ремонтных и планово-профилактических работ.

Литература

1. Абрамов, Н. Н. Водоснабжение : учебник для вузов / Н. Н. Абрамов. – Изд. 2-перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1974. – 480 с.
2. Говорова, Ж. М. Обоснование водоочистных технологий и их инвестирования / Ж. М. Говорова, М. Г. Журба. – Москва : Научное издание. – 2012. – 176 с.
3. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : в 3 томах / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова ; под научнометодическим руководством и общей редакцией Журбы М. Г. – Москва : АСВ. – 2010.

O.B. Govorov, Zh.M. Govorova

THE IMPACT OF THE TRANSPORTATION OF NATURAL WATER ON THE CHANGE OF ITS QUALITY

The article presents the results of research of the quality of water transported by gravity water pipelines of long distance and going to the water treatment facilities. It is shown that water quality undergoes changes by several indicators. The most probable reasons influencing the change of qualitative structure of water are considered.

Water pipeline, water transportation, water treatment facilities, water quality indicators.